

## ⑫ 公開特許公報(A)

平1-121492

⑤ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成1年(1989)5月15日

E 21 B 47/00

7903-2D

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑭ 発明の名称 ボアホールスキヤナー

⑰ 特 願 昭62-275545

⑱ 出 願 昭62(1987)10月30日

⑲ 発 明 者	飯 塚 友 之 助	東京都中央区京橋2丁目16番1号	清水建設株式会社内
⑲ 発 明 者	石 井 卓	東京都中央区京橋2丁目16番1号	清水建設株式会社内
⑲ 発 明 者	武 川 芳 広	東京都中央区京橋2丁目16番1号	清水建設株式会社内
⑲ 発 明 者	長 田 耕 治	東京都中央区京橋2丁目16番1号	清水建設株式会社内
⑲ 発 明 者	松 本 好 高	神奈川県横浜市泉区中田町2428	
⑲ 発 明 者	村 上 治	千葉県船橋市高野台1丁目8番1号	
⑲ 出 願 人	清水建設株式会社	東京都中央区京橋2丁目16番1号	
⑲ 出 願 人	株式会社 コ ア	東京都港区芝4丁目3番2号206	
⑲ 代 理 人	弁理士 阿部 龍吉	外3名	

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

ボアホールスキヤナー

## 2. 特許請求の範囲

(1) 孔内を昇降、移動するゾンデに内蔵された撮像手段により孔壁を連続撮影して孔壁の観察を行うスキヤナーであって、壁面に光を照射する光照射手段、ゾンデと同軸上に配置され壁面から反射される光を集光する円錐ミラー、該円錐ミラーの前方に配置される結像手段、光信号を電気信号に変換する光電変換手段、結像手段により同心円上に形成される像を光電変換手段に導く光ファイバー、光電変換手段の信号をスキャンして取り出し壁面の画像データを生成処理するデータ処理手段、ゾンデの向き及び位置を検出するゾンデ位置検出手段を備えたことを特徴とするボアホールスキヤナー。

(2) 結像する同心円上に光ファイバーの一端を並べ、他端を線形に並べて構成した光電変換素子に接続したことを特徴とする特許請求の範囲第1

項記載のボアホールスキヤナー。

(3) 光電変換素子は、光の3原色に対応するそれぞれの分光機能を備えた組からなることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のボアホールスキヤナー。

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、ボアホール(本発明では、ボーリング孔、パイプ孔その他の孔をいう)内を昇降、移動するゾンデに内蔵されたスキヤナーによって孔壁の観測を行うボアホールスキヤナー(ボアホール孔壁観測装置)に関するものである。

(従来技術)

ダムやトンネルなどの地下空洞を掘削する際には、建設地点の地質調査を行い、設計に反映させるとともに採用する施工法の選定や工事の進め方、安全対策などに万全を期すことが必要である。このような場合の地質調査では、一般に岩盤の割れ目の方向、傾斜及び性状、さらには地層の方向及び傾斜を知ることが必要である。このため建設地

点をボーリングしてコアを採取して観察する方法や直接ボアホールの孔壁を観測する方法で調査が行われている。直接ボアホールの孔壁を観測する方法では、ボアホール・テレビ、ボアホール・ペリスコープ、ボアホール・カメラ、ボアホール・スキャナーなどの装置が使用される。

第10図は従来使用されていたボアホール・スキャナーの具体的な構成例を示す図、第11図は光ビームが走査する孔壁展開面の軌跡を示す図である。図において、30は本体装置、31はゾンデ32を巻き上げるためのウインチ、33は旋回用モーター、34は方向計、35と42はレンズ、36はミラー、37は光学ヘッド、38と41はスリット、39は光電変換器、40はハーフ・ミラー、43は光源をそれぞれ示している。

第10図において、本体装置30は、ゾンデ32内に設けられた撮像手段により得られた信号を取り込み、データ処理してボアホールの観測情報を生成するものであり、ボアホール孔壁観測像のモニタ等を行うCRT、データ処理装置(コンピ

ュータ)、磁気テープ、フロッピーディスクや、磁気ディスク等の記憶装置、プリンタ等の出力装置を備えたものである。ゾンデ32内には、同図(a)に示すように孔壁観測像を得るための撮像手段が収納されていて、このゾンデ32を昇降させるのがウインチ31である。

ボアホールの中を上下動するゾンデ32には、第10図(a)に示すように方向計34及びレンズ35とミラー36とを備えた光学ヘッド37が旋回用モーター33に連結されている。また、ハーフ・ミラー40を通して、この光学ヘッド37に光ビームを送り出すための光源43と光ビーム作成のためのレンズ42、スリット41、さらには光学ヘッド37からの反射ビームを検出するためのスリット38、光電変換器39が設けられる。このような構成によって、光源43からの光は、レンズ42、スリット41でビーム状にし、ハーフ・ミラー40、ミラー36、レンズ35を通してボアホールの内壁に照射される。そしてその反射ビームの強度は、レンズ35、ミラー36、ハーフ・ミラー40、スリット38を通して光電変換器39で測定される。従って、旋回用モーター33により光学ヘッド37を旋回させながらゾンデ32を下降させると、第11図に示すようなボアホールの内壁スキャンが行われ、その反射ビームの強度に対応する電気信号が光電変換器39から得られることになる。

また、上記の如きハーフミラー40に代えて3角のミラーを回転させ、この3角のミラーの一边で光源からの光を反射させて壁面を照射するようにし、その反射光を3角の他の一边で反射させて光電変換器に導くものも本願の発明者等によって実用化されている。

(発明が解決しようとする問題点)

しかしながら、上述のように従来のボアホール・スキャナーによる孔壁観測は、メカニカルスキャン方式が採用されているため、回転運動するメカニカルスキャン部に問題がある。すなわち、メカニカルスキャン部は、旋回用モーター33、方向計34及びレンズ35とミラー36とを備えた

光学ヘッド37からなるが、これらは回転運動するため消耗がはげしく交換、調整等のメンテナンスに手間と費用がかかるという問題がある。

本発明は、上記の問題点を解決するののものであって、可動部分がなく且つ高速で孔壁を観測することができるボアホールスキャナーの提供を目的とするものである。

(問題点を解決するための手段)

そのために本発明のボアホールスキャナーは、孔内を昇降、移動するゾンデに内蔵された撮像手段により孔壁を連続撮影して孔壁の観察を行うスキャナーであって、壁面に光を照射する光照射手段、ゾンデと同軸上に配置され壁面から反射される光を集光する円錐ミラー、該円錐ミラーの前方に配置される結像手段、光信号を電気信号に変換する光電変換手段、結像手段により同心円上に形成される像を光電変換手段に導く光ファイバー、光電変換手段の信号をスキャンして取り出し壁面の画像データを生成処理するデータ処理手段、ゾンデの向き及び位置を検出するゾンデ位置検出手

段を備えたことを特徴とする。

(作用)

本発明のポアホールスキャナーでは、壁面に光照射手段から光を照射し、その反射光が円錐ミラーに入射すると、円錐ミラーがゾンデと同軸上に配置されているため、円錐ミラーで反射してその周囲壁面の像が結像手段により円周上に並べられた光ファイバーの一端に結ばれ、その光信号が光電変換手段に導かれる。従って、ゾンデを昇降させながらデータ処理手段により光電変換手段の信号をスキャンして壁面の画像データを生成処理すると、連続した壁面の画像が得られる。しかも、ゾンデ位置検出手段により画像データとゾンデの位置とを対応させることによって、正確な位置情報に基づく孔壁の観察が可能となる。

(実施例)

以下、実施例を図面を参照しつつ説明する。

第1図は本発明のポアホールスキャナーの1実施例を示す図、第2図は光電変換部の構成例を示す図、第3図は画像処理システムの構成例を示す

図、第4図は方位計と傾斜計の検出角度を説明するための図である。図中、1はスキャン部、2-1は光電変換部、2-2は光ファイバー、3はレンズ、4と5は円錐ミラー、6はスリット、7は遮蔽板、8は方位計、9は回転計、10は傾斜計、11はスリット、12はレンズ、13は光源、14はゾンデ、15は入力画像制御部、16はCRT、17はデータ処理装置、18-1は外部記憶装置、18-2は出力装置。

第1図において、ゾンデ14は、上方に撮像装置を収納し、下方に孔曲がり測定装置を収納したものである。撮像装置は、光源13の光を孔壁に照射しその反射光による撮像データをスキャン部1に取り込むように構成されている。遮蔽板7は、その上下に円錐ミラー4と5を取り付け、スリット6を上下に2分するようになっている。スリット6の部分はガラス等の透明部材でおおわれる。このようにして遮蔽板7により2分されたスリット6の下側から孔壁に光を照射し、上側から孔壁に照射した光の反射光を取り込む。従って、遮蔽

板7の下側に設けられた円錐ミラー5は照射用であり、円錐ミラー4は孔壁からの反射光を集光するためのものである。光電変換部2-1は、線形に配列された多数の光電変換素子からなり、その基準位置をゾンデの基準位置Eと一致させる。光ファイバー2-2は、一端が円周上に配列され、他端が光電変換部2-1の各光電変換素子に接続されてなるものである。レンズ3は、円錐ミラー4からの光をこの光ファイバー2-2の一端に結像させるものである。スキャン部1は、光電変換部2-1をスキャンして孔壁の撮像データを取り込むものである。

次に、撮像装置の動作を説明する。光源13からレンズ12、スリット11を通して光ビームが放射されると、光ビームは、円錐ミラー5で反射してスリット6の下側から孔壁を照射する。そして、孔壁で反射した光は、スリット6の上側から導入されて円錐ミラー4で反射しレンズ3に集光され、このレンズを通して光ファイバー2-2の一端に結像する。そこで、この光信号は光電変換

部2-1に導かれて電気信号に変換されスキャン部1より順次スキャンされ孔壁の観測データが取り込まれる。この動作を繰り返しながら、ゾンデ14を昇降させると孔壁の連続した観察像が得られる。

光ファイバー2-2及び光電変換部2-1からなる構成は、第2図(a)に示すようにドーナツ状に光ファイバー2-2の一端を配列し、他端を多数の光電変換素子からなる光電変換部2-1に接続したものである。光電変換部2-1としては、例えば電荷結合デバイス(Charge Coupled Device: CCD)を用い、市販の直線CCDアレイを用いることができる。この光電変換素子は、a、b、c、d、e、……のように並べられ、順にスキャン部1により読み出される。また、撮像データをカラーデータとして取り込む場合には、同図(b)に示すように光の3原色であるR(赤)、G(緑)、B(青)の分光器を備え、これらの繰り返し配列にするか、同図(c)に示すようにR、G、Bのそれぞれのラインを同心円上に配置すればよい。この

部2-1に導かれて電気信号に変換されスキャン部1より順次スキャンされ孔壁の観測データが取り込まれる。この動作を繰り返しながら、ゾンデ14を昇降させると孔壁の連続した観察像が得られる。

光ファイバー2-2及び光電変換部2-1からなる構成は、第2図(a)に示すようにドーナツ状に光ファイバー2-2の一端を配列し、他端を多数の光電変換素子からなる光電変換部2-1に接続したものである。光電変換部2-1としては、例えば電荷結合デバイス(Charge Coupled Device: CCD)を用い、市販の直線CCDアレイを用いることができる。この光電変換素子は、a、b、c、d、e、……のように並べられ、順にスキャン部1により読み出される。また、撮像データをカラーデータとして取り込む場合には、同図(b)に示すように光の3原色であるR(赤)、G(緑)、B(青)の分光器を備え、これらの繰り返し配列にするか、同図(c)に示すようにR、G、Bのそれぞれのラインを同心円上に配置すればよい。この

ような光電変換部からデータを読み出す回路としては、例えばシフトレジスタを用いることができるが、本発明は、特に読み出し回路を要旨とするものではないので、画像読み取り装置に使用されている所謂CCDセンサアレイの読み出し回路を使用してもよい。

第3図において、入力画像制御部15は、スキャン部1により得られた画像のデータ処理装置17への取り込みやCRT16への表示等のためスキャン部1やモニタ用のCRT16を制御するものである。データ処理装置17は、パソコンあるいは専用のプロセッサなどにより構成するものであって、入力画像制御部15を通してスキャン部1から画像データを入力すると、その画像データを処理するものである。外部記憶装置18-1は、その画像データを格納するものであり、磁気テープやフロッピーディスク、磁気ディスク等が使用され、出力装置18-2は、画像データを印刷出力するものであり、プリンタやプロッター、ハードコピー装置等が使用される。なお、これら

藏し、ゾンデ14の傾斜角を計測する。また、回転計9は、方位計8の取り付け支点Aの位置に設けられ、ゾンデ14の基準となる方向Eを計測する。

また、第4図に示すx、y、zよりなる3次元の座標空間において、x軸の方向を南北の方向、y軸の方向を東西の方向、z軸の方向を地球の重力の方向とすると、方位角 $\theta$ は北からの方位、傾斜角 $\phi$ は水平面からの傾斜を表し、第1図図示のゾンデでは、方位計8の示す傾斜方向角により第4図に示す方位角 $\theta$ が求められ、傾斜計10の示す傾斜角により第4図に示す傾斜角 $\phi$ が求められる。

従って、今第1図図示の基準点Dを北の方位に合わせてこれを基準方位とし、第1図図示の方位計8及び傾斜計10の状態で方位角 $\theta$ 及び傾斜角 $\phi$ が0であると定義したとする。そうすると、例えば第1図図示の状態からボアホールが北の方位に向いて角度 $\alpha$ だけ傾いている場合には、方位角 $\theta$ が0、傾斜角 $\phi$ が $\alpha$ 、回転角 $\psi$ が0となる。し

かし、亀裂情報や画像位置データ情報は、図示しないが専用回線や電話回線を用いて大型電算機にデータ送信するようにしてもよい。

また、第1図に示す本発明のゾンデ14内には、上記のような撮像部の構成に加えて、さらに孔曲がり測定装置が収納されているが、これは、方位計8と傾斜計10とを備え、スキャナー・ヘッドの向きを測定する手段として回転計9を設ける。方位計8は、例えば図示点線の如くゾンデ14の軸方向と一致する線 $l$ を軸に回転自在になった第1の支点A、A'と、線 $l$ に直交する線 $m$ を軸に回転自在になった第2の支点Q、Q'とを介して支点A、A'でゾンデ14に取り付けられ、計測部が地上からの鉛直方向に対して常に変わらない状態に支持されるものであり、磁石を内蔵し、ゾンデ14の傾斜方向角を計測する。同様に傾斜計10は、線 $l$ を軸に回転自在になった支点R、R'を有し、点B、B'でゾンデ14に取り付けられ、計測部がゾンデ14の傾きに対応して線 $l$ の周りを回転するようにしたものであり、重りを内

かし、ボアホールが西の方位に向いて角度 $\alpha$ だけ傾いている場合には、方位計8及び傾斜計10が線 $l$ を軸として反時計方向に90°回転する。そのため、方位角 $\theta$ が-90°、傾斜角 $\phi$ が $\alpha$ となるとともに回転計9により測定される回転角 $\psi$ も90°となる。また、ここでゾンデが西の方向に90°回転した(捻れた)場合には、方位角 $\theta$ と傾斜角 $\phi$ は変わらないが、回転計9により測定される回転角 $\psi$ のみが0°に変わる。

つまり、方位計8と傾斜計10とによってボアホールの孔曲がり測定され、回転計9によってゾンデの向きが測定される。撮像装置による観測の場合において、光電変換素子は、ゾンデ内に設定された基準となる位置Eとの相対位置でその観測している方向を知ることができる。回転計9は、その振じれによる光電変換部の向きを求めるため、ゾンデの基準となる位置Eの向きを測定するものである。すなわち、先に述べたようにゾンデの基準となる位置Eの方位は、方位計8により測定される方位角 $\theta$ に回転計9により測定される回転角

$\theta$ を加えることによって求めることができる。

第5図は孔曲がり測定装置のシステム構成例を示す図、第6図は孔曲がり測定装置による処理の流れを説明するための図である。

第5図において、深度計21は、ケーブルCLのくり出し長さを制御する地上の制御機に設けられ、くり出されたケーブルCLの長さを検出するものである。演算部23は、深度計21によりケーブルCLのくり出し長さが単位の長さになったことを検出すると、方位計8及び傾斜計10から方位角 $\theta$ 、傾斜角 $\phi$ を読み込み、ケーブルCLのくりだし長さ $\Delta L$ 、方位角 $\theta$ 、傾斜角 $\phi$ から第4図に示す座標空間に対応する各成分によるケーブルCLのくり出し長さ $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 、 $\Delta z$ を算出するものであり、それぞれは

$$\Delta x = \Delta L \cos \phi \cos \theta$$

$$\Delta y = \Delta L \cos \phi \sin \theta$$

$$\Delta z = \Delta L \sin \phi$$

で表される。

演算部24は、記憶部25から前回まで $\Delta x$ 、

$$Z_{i-1} = 50 + 5 = 55$$

となる。つまり北方向に18.7m、西方向に30m、地下方向に55mにゾンデが位置していることになる。さらに演算部24は、画像部からのスキャン・データに対応して回転計9からのゾンデの回転角と上記の演算によって求められたゾンデの位置とをもとに観測位置を算出する。

記憶部25は、演算部24で算出されたゾンデの位置座標 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ を時系列的に記憶しておくとともに、対応するゾンデの向き、スキャン・データ及びその観測位置を記憶しておくものである。この記憶部25にゾンデの位置座標 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ を時系列的に記憶するまでの処理の流れを示したのが第6図である。そして出力制御部27は、記憶部25に記憶された位置座標 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ から例えばCRTディスプレイやXYプロッタなどにゾンデの軌跡を描画し出力したり、スキャン・データをハード・コピーして出力したりするものである。なお、スキャン・データをハード・コピーする装置は、本願の発明者らにより別途提案(特願昭59

$\Delta y$ 、 $\Delta z$ の積算によって求められたゾンデの位置座標 $X_i$ 、 $Y_i$ 、 $Z_i$ を読み出し、これに演算部23で算出されたくり出し長さ $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 、 $\Delta z$ を加算し、現在のゾンデの位置座標 $X_{i+1}$ 、 $Y_{i+1}$ 、 $Z_{i+1}$ を算出するものであり、それぞれは

$$X_{i+1} = X_i + \Delta x$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta y$$

$$Z_{i+1} = Z_i + \Delta z$$

で表される。

従って、例えば孔口を(0、0、0)として、北へ10m、西へ30m、地下50mの地点Aを(10、30、50)で表すと、ゾンデがこの位置から $\theta = 0$ 、 $\phi = 30^\circ$ の方向にケーブルを10mくり出して移動した場合、その変化量は、

$$\Delta x = 10 \times \cos 30^\circ \cos 0 = 8.7$$

$$\Delta y = 10 \times \cos 30^\circ \sin 0 = 0$$

$$\Delta z = 10 \times \sin 30^\circ = 5$$

となり、よってその位置(現在位置)は、

$$X_{i+1} = 10 + 8.7 = 18.7$$

$$Y_{i+1} = 30 + 0 = 30$$

-245664号)しているものがあるが、その概要は、スキャン・データを輝度変調して例えばフィルム上に焼付するものである。この場合、曲がっているボアホールのスキャン・データは、そのまま画像にすると水平画像にはならない。そこで、個々のスキャン・データを格納する際には、上述のようにゾンデの位置とその傾斜角とをもとに各光電変換素子毎の座標値(観測位置)を算出し、この座標値をスキャン・データに付加し格納しておき、同一の深さ座標のスキャン・データを順に読み出してフィルム上に焼付することによって、水平画像に修正したハード・コピーを得ることができる。さらに、画像の一部にその観測位置(座標値など)を表示するようにしてもよい。また、上記の座標値を適宜選定することによって、ハード・コピーの起点を任意に決めることも可能である。

南北の断面によりゾンデの軌跡を描画した例を示したのが第7図(a)であり、東西の断面によりゾンデの軌跡を描画した例を示したのが第7図(b)であり、上から平面的に見たゾンデの軌跡を描画し

た例を示したのが第7図(4)であり、3次元によりゾンデの軌跡を描画した例を示したのが第7図(4)である。なお制御部26は、上記の各演算部23、24、記憶部25、出力制御部27を含め全体を制御するものである。

ボーリング長が長くなると掘削ビット付近に砕かれた石片がかみ込むことにより、また硬さの異なる地層境界面を斜めに掘削する時の掘削抵抗の差により、あるいはボーリングロッドの材料変形特性の偏りなどにより、ボーリング孔は不規則に曲がって廻ってしまう場合がある。このような場合には、ボーリングで得られた地質情報は正しい座標と方向を示さない問題が生じるが、これは上記の孔曲がり測定装置をゾンデ内に収納することにより解決できる。

第8図は壁面に光の照射する構成例を示す図、第9図は本発明に係るポアホールスキャナーの他の実施例を示す図である。

第8図(4)に示す例は、第1図において遮蔽板7の下側に配置した円錐ミラーを省略し、遮蔽板7

の下側に光源13'を配置し、この光源13'の光を直接スリット6の下側から孔壁に照射するように構成したものである。また、同図(4)に示す例は、ゾンデ14内に内筒14'を設けると共に、内筒14'内にレンズ、光電変換部、さらにその下方に円錐ミラー4を配置し、その下端に図示のように遮蔽部Aを設けたものである。そして、内筒14'の外側にサークラインのようなドーナツ状の光源13'を配置している。従って、光源13'からスリットの上側を通して孔壁に光を照射し、スリットの下側から孔壁の反射光を取り込む。この光が円錐ミラー4で反射してレンズに導かれる。

第9図に示す本発明の他の実施例は、第1図に示した円錐ミラーを省き、結像レンズを通して直接孔壁を撮像するものである。

なお、本発明は、上記の実施例に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば上記の実施例では、円錐ミラーを使用したか、第1図に示す構成においては、円錐ミラー4、5が一

体のものであってもよいことは勿論である。

また、本発明のポアホール孔壁観測装置は、ボーリング孔の壁面観測だけでなく、例えば地下に埋設されたパイプラインの腐食その他種々の孔壁の調査に適用できることは勿論である。

#### 〔発明の効果〕

従来の撮像部は、モータによりミラーを回転させるメカニカルスキャン方式であったため、ギヤの消耗やモータの性能低下等による交換、調節等のメンテナンスに多くの手間を要したが、本発明によれば、撮像装置を可動部分の全くない静止型の構成としたので、従来のような消耗度の高い部分がなくなり、メンテナンスの手間、費用の大幅な低減を図ることができる。また、モーターを使用しないので、ノイズも少なくなり画像の安定性、画質の向上を図ることができる。さらには、静止型であり1周の壁面画像をデータスキャン速度で取り込むことができるので、高速に壁面画像を取り込むことができ、観測時間の短縮を図ることができる。結像部の構成は、光ファイバーの一

端を円周上に配列し、その他端を線形の光電変換アレーに導くので、結像部の構成に合わせて特別形状の光電変換手段を容易する必要もなく、市販の光電変換アレーを使用することができる。

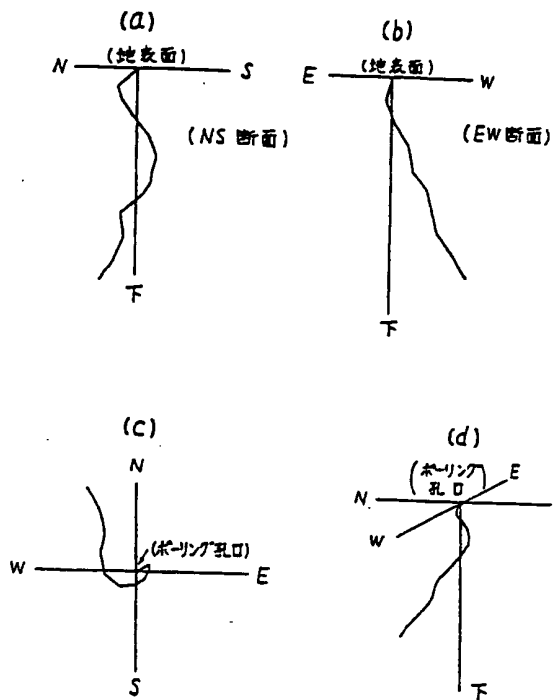
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明のポアホールスキャナーの1実施例を示す図、第2図は光電変換部の構成例を示す図、第3図は画像処理システムの構成例を示す図、第4図は方位計と傾斜計の検出角度を説明するための図、第5図は孔曲がり測定装置のシステム構成例を示す図、第6図は孔曲がり測定装置による処理の流れを説明するための図、第7図は孔曲がり測定装置により得られる軌跡画像の例を示す図、第8図は壁面に光の照射する構成例を示す図、第9図は本発明に係るポアホールスキャナーの他の実施例を示す図、第10図は従来使用されていたポアホール・スキャナーの具体的な構成例を示す図、第11図は光ビームが走査する孔壁展開面の軌跡を示す図である。

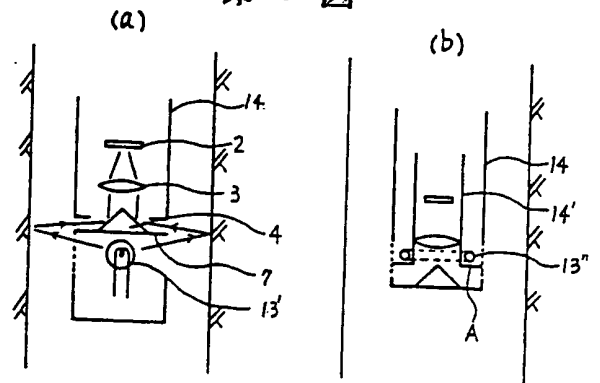
1…スキャン部、2-1…光電変換部、2-2



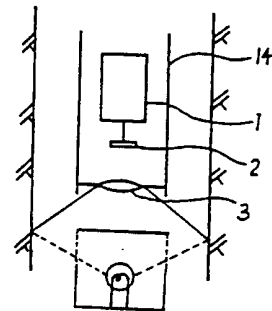
第7図



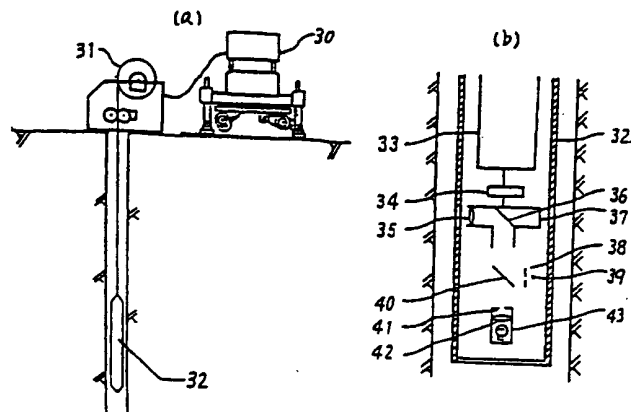
第8図



第9図



第10図



第11図

